JURNAL MATEMATIKA ALGEBRA

Jurnal Mahasiswa Matematika ALGEBRA
Vol. 1, No. 1, Agustus 2020: 109-117

Penggabungan Geometri Fraktal dengan Batik Sendang

Wanda Nurrahma Putri Sunaryo[1], Aris Fanani [2]

[1]UIN Sunan Ampel Surabaya, h72216047@uinsby.ac.id
[2]UIN Sunan Ampel Surabaya, arisfa@uinsby.ac.id

Abstrak: Batik merupakan kesenian ciri khas yang dimiliki oleh setiap daerah, salah satunya batik sendang yang berasal dari Kabupaten Lamongan. Batik sendang memiliki ciri khas motif bandeng lele, karena Kabupaten Lamongan terkenal dengan simbol ikan bandeng lele. Motif batik sendang saat ini masih menggunakan motif lama dari Sunan Sendang. Seiring berjalannya waktu batik dapat dikembangkan dengan membuat motif yang terbaru dengan menggunakan salah satu cabang ilmu matematika yaitu fraktal. Fraktal merupakan objek yang tampak memiliki kemiripan yang simetris jika dilihat dari skala tertentu dan merupakan bagian terkecil dari struktur objek secara keseluruhan. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui proses penggabungan dari Batik Sendang dengan Fraktal dan untuk mengetahui hasil yang diperoleh dari proses penggabungan. Teknik pengolahan dalam pembuatan batik fraktal dibutuhkan transformasi geometri yang digunakan untuk mengoperasikan tata letaknya, diproses menggunakan software komputer. Langkah-langkah pembentukan fraktal yang pertama membentuk fraktal menggunakan transformasi geometri yang diolah menggunakan software komputer dan menjadi pilihan motif, yang kedua mengolah batik sendang dengan memilih motif bandeng lele dan mengatur tata letak sesuai kebutuhan isen-isen, yang ketiga kedua motif yang telah dibuat digabungkan dengan menggunakan penjumlahan dua buah citra. Hasil dari penelitian ini diantaranya adalah motif Batik Segitiga Sierpinski dengan Motif Bandeng Lele, motif Batik *Koch Snowflake* dengan Motif Bandeng Lele.

Kata kunci: *Geometri Fraktal, Batik, Citra*

Abstract: *Batik is a characteristic of art that owned by every region, one of them is Sendang Batik originating from Lamongan Regency. Sendang batik has a characteristic of the catfish and milkfish motif, because the both animals are the symbol of Lamongan Regency. Sendang batik motif is currently still using old motifs from Sunan Sendang. Furthermore, batik can be developed by making the latest motif using one branch of mathematics, namely fractals. Fractals are objects that appear to have symmetrical similarities when viewed from a certain scale and are the smallest part of the overall structure of the object. The purpose of this study was to determine the process of merging of Sendang Batik with Fractals and to find out the results obtained from the merging process. The processing technique in making fractal batik requires geometric transformation used to operate its layout, processed using computer software. The first steps to forming fractals are to form fractals using geometric transformations that are processed using computer software and become a choice of motifs, the second is to process the sendang batik by selecting the catfish milkfish motif and adjusting the layout according to the needs of Isen, the third two motifs that have been made are combined by adding two images. The results of this study include motifs of the Sierpinski Triangle Batik with Catfish Milkfish Motifs, Koch Snowflake Batik motifs with Catfish Milkfish Motifs.*

Keywords: *Fractal Geometry, Batic, Image*

1. Pendahuluan

Batik secara estimologi berasal dari Bahasa Jawa yaitu ”*tik*” yang memiliki arti titik/*matik* (kata kerja, membuat titik) yang kemudian berkembang menjadi istilah ”batik” [1]. Selain itu, batik sendiri memiliki pengertian yang berhubungan dengan membuat titik atau meneteskan malam pada kain mori, pengolahannya diproses dengan cara tertentu yang memiliki ciri khas, batik merupakan seni budaya yang tidak asing lagi bagi bangsa Indonesia, bahkan sering menjadi sebuah simbol akan bangsa Indonesia [2]. Setiap daerah di Indonesia memiliki berbagai macam motif batik yang merupakan ciri khas daerah terserbut, salah satunya yaitu batik Sendang yang merupakan ciri khas dari Kabupaten Lamongan.

Jenis batik sendang pada umumnya diklasifikasikan ke dalam 2 golongan, yakni Batik Sendang Tradisional dan Batik Sendang Modern. Batik Sendang Tradisional sendiri dianggap mempunyai makna dan juga nilai filosofi tertentu serta mempunyai karakter penggunaan atau pemakaian. Sedangkan Batik Sendang Modern merupakan ragam jenis batik yang hanya mempunyai nilai fungsi sebagai citraan gaya hidup di era modern. Selain melihat makna dari dua jenis batik sendang, setiap orang pasti ingin mengekspresikan keindahan dalam mengenakan pakaian batik.

Selain itu Batik Sendang juga mempunyai beberapa motif lainnya, seperti motif gendang ceplik bandeng lele, dimana motif ini merupakan simbol dari Kabupaten Lamongan. Penulis memilih menggunakan Motif Bandeng Lele karena motif tersebut merupakan simbol khas dari Kabupaten Lamongan, sehingga orang-orang mudah mengenali ciri khas tersebut.

Matematika merupakan ilmu perhitungan, banyak orang mengenal ilmu matematika hanya digunakan untuk soal perhitungan saja, mereka belum mengetahui bahwa matematika bisa diterapkan dalam pembuatan isen-isen batik. Saat ini batik dapat dikembangkan dengan menggunakan salah satu cabang ilmu matematika yaitu fraktal. Fraktal merupakan cabang ilmu matematika dalam bidang geometri yang menganalisis dan menjelaskan hal-hal yang alamiah atau natural, dimana seiring berjalannya waktu dan perkembangan teknologi komputer maka semakin berkembang ide-ide manusia untuk menerapkan alam sekitar [3].

Geometri merupakan ilmu matematika yang membahas mengenai perubahan bentuk benda, fungsi dan ukuran. Sedangkan Geometri Fraktal merupakan bentuk fraktal yang telah dirubah menggunakan ilmu geometri. Pengolahan dari geometri fraktal dapat menghasilkan berbagai jenis batik dengan fungsi-fungsi yang telah didefinisikan oleh program. Di dalam motifnya dapat menghasilkan warna yang berbagai macam dengan cara memasukkan nilai pada masing-masing system Red Green Blue biasa disingkat dengan RGB [4].

Faktor yang sangat berperan besar dalam penerapan fraktal dalam pembuatan batik adalah teknik dekoratif karena berhubungan dengan makna yang ada dalam batik, yaitu isen atau mengisi motif besar dengan motif kecil yang mirip dengan kesamaan diri pada fraktal. Teknologi yang diterapkan pada batik fraktal akan menghasilkan desain pola baru yang sangat beragam [5].

Sehubungan dengan adanya berbagai macam motif batik baru dengan menggabungan cabang ilmu matematika maka penulis tertarik untuk melakukan studi pengembangan motif Batik Sendang dengan menggabungkan batik fraktal menggunakan transformasi geometri.

2. Kajian Teori

2.1 Batik

Batik berasal dari Bahasa Jawa, dari kata "amba" yang berarti menggambar dan"tik" yang berarti titik. Terdapat kata-kata jawa lainnya yakni "klitik" berarti warung kecil, "bentik" berarti persinggahan kecil antara dua benda, "kitik" berarti kutu kecil dan lain sebagainya [6]. Batik merupakan budaya khas Indonesia yang memiliki kerajinan dengan nilai seni yang tinggi. Tradisi membuat batik merupakan tradisi turun temurun, sehingga ada beberapa motif yang mudah diketahui dan berasal dari keluarga tertentu [7].

2.2 Fraktal

Fraktal merupakan objek yang mempunyai kesamaan yang simetris jika dilihat dari skala tertentu dan merupakan bagian terkecil dari struktur objek secara keseluruhan [8]. Fraktal dalam Bahasa Inggris adalah *fractal.* Sedangkan definisi fraktal sendiri secara matematik sebagai suatu himpunan titik-titik yang memiliki dimensi melebihi dimensi topologinya (dimensi tempat/tata ruang) .Macam-macam fraktal yang akan digunakan ada tiga yaitu.

1. Kurva Hilbert

   Kurva Hilbert adalah kurva berkelanjutan atau kontinu yang melewati setiap titik atau ruang pada ruang dua dimensi maupun ruang tiga dimensi sebanyak satu kali. Kurva Hilbert dapat didefinisikan sebagai pemetaan dari sub interval yang berasal dari interval domain kepada sebuah sub persegi pada ruang dua dimensi atau pada sub kubus pada ruang tiga dimensi.

   H_n adalah *n* perkiraan ke kurva pembatas. Panjang Euclidean atau jarak garis lurus *H_n* adalah $2^n - \frac{1}{2^n}$, yaitu tumbuh secara eksponensial dengan *n*, sementara pada saat yang sama selalu dibatasi oleh kotak dengan area terbatas [9].

2. Koch Snowflake

   Kurva *Koch* merupakan salah satu contoh kurva yang memiliki sifat *selfsimilarity* dan merupakan Generator dari pembentukan Fractal *Koch Snowflake*. Garis-garis dasar pada kurva *Koch* yaitu mempunyai arah tertentu dan hubungkan satu sama lain, sehingga terbentuk suatu garis yang sangat panjang pada suatu daerah yang terbatas [10].

   Untuk menentukan parameter *Koch Snowflake* yaitu yang pertama setiap iterasi mengalikan jumlah sisi dalam kepingan *Koch Snowflake* dengan empat, sehingga jumlah sisi (*N*) setelah iterasi *n* diberikan oleh :

   $$N_n = N_n - 1 \times 4 = 3 \times 4^n$$

   Jika segitiga sama sisi memiliki panjang (*s*). Panjang sisi awal 3, karena setiap iterasi selalu dipecah menjadi 3 maka rasionya $\frac{1}{3}$. Sehingga deret yang terbentuk :

   $$s, s\left(\frac{1}{3}\right), s\left(\frac{1}{3}\right)^2, \ldots$$
   $$s, \frac{s}{3}, \frac{s}{9}, \ldots..$$

   Maka Panjang setiap sisi kepingan salju setelah iterasi :

   $$S_n = s\left(\frac{1}{3}\right)^n = s\left(\frac{1}{3^n}\right) = \frac{s}{3^n}$$

   Parameter (*P*) *Koch Snowflake* setelah iterasi (*n*) adalah dengan mengalikan jumlah sisi dengan panjang sisi :

   $$P_n = N_n \times S_n = 3 \times s \times \left(\frac{4}{3}\right)^n$$

   Langkah-langkah dalam pembentukan kurva *Koch* :

- Pertama, membuat sebuah garis yang lurus

- Kedua, pembentukan kurva *Koch* berorde satu yaitu $K1$, garis dari proses pertama kemudian dibagi menjadi tiga bagian, bagian tengah diubah menjadi segitiga sama sisi tanpa ada alas, kemudian segitiga membentuk bangun dengan empat buah segmen garis.
- Ketiga, pembentukan kurva *Koch* berorde dua yaitu $K2$, dibentuk dengan cara membagi setiap segmen garis dari kurva *Koch* orde satu yang menjadi tiga bagian, dan bagian tengahnya diubah menjadi segitiga sama sisi.
- Selanjutnya, dengan cara yang sama, kurva *Koch* untuk orde yang lebih tinggi bisa didapatkan dari kurva *Koch* sebelumnya, dengan demikian untuk memperoleh kurva *Koch* orde-i, setiap segmen yang ada pada kurva *Koch* orde i 1 dibagi menjadi tiga bagian yang sama panjang, dan bagian tengahnya diubah menjadi bangun dengan sisi yang sama sama tanpa alas.

3. Segitiga Sierpinski

Segitiga Sierpinski merupakan segitiga fraktal linear yang memiliki sifat yang sama atau keserupaan diri (identik) sampai pada iterasi yang tak terhingga. Diawali dengan segitiga sama sisi yang berisi warna tertentu. Berikut merupakan proses pembentukannya :

- Membuat segitiga sama sisi.
- Titik tengah masing-masing sisinya dihubungkan untuk memperoleh dengan ukuran setengahnya dan terletak ditengah segitiga awal.
- Segitiga yang berada ditengah dihilangkan atau dikosongkan.
- Ulangi lngkah pertama, kedua, ketiga untuk tiga buah segitiga.
- Melakukan iterasi tahapan ke empat berkali kali.

Cara menghitung luas Segitiga Sierpinski, setelah melakukan iterasi ke-n maka luas Segitiga Sierpinski = $(0{,}75)n$ x luas segitiga awal [11].

2.3 Transformasi Geometri

Transformasi geometri adalah bagian dari geometri yang menjelaskan tentang perubahan, baik dalam perubahan letak maupun perubahan bentuk dari segi penyajiannya didasarkan dengan gambar dan matriks. Transformasi pada bidang yang akan dibahas ada empat macam, yaitu Rotasi, Dilatasi, Translasi dan Refleksi.

2.4 Penjumlahan Dua Buah Citra

Citra adalah suatu gambaran, imitasi atau kesamaan (kemiripan) dari sebuah objek. Citra dibagi menjadi dua macam yaitu citra yang bersifat analog dan citra yang bersifat digital. Pengertian dari citra analog yaitu citra yang bersifat kontinu, sedangkan pegertian dari citra digital yaitu citra yang dapat diolah dengan menggunakan komputer. Pada penulisan ini menggunakan citra digital, yakni menggabungkan dua buah gambar menjadi satu. Dibawah ini merupakan Persamaan Penjumlahan Dua Buah Citra:

$$C\ (x, y) = A\ (x, y) + B(x, y)$$

Suatu C baru yang intensitas setiap pixel nya adalah jumlah dari intensitas tiap pixel pada A dan B. Syarat dari Penjumlahan Dua Buah Matriks adalah ukuran kedua matriks harus sama, jika hasil penjumlahan intensitas lebih besar dari 225, maka intensitasnya dibulatkan menjadi 225 [9].

3. Metode Penelitian

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari web. Berikut alamat yang di akses dalam penelitian ini: (http://bricault.mit.edu/classes/splash-2016/geometric-art-using-matlab)

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengolah fraktal dengan menggunakan operasi matematika. Beberapa macam fraktal yang akan digunakan adalah Kurva Hilbert, Segitiga Sierpinski, dan Koch Snowflake. Iterasi pada fraktal ditentukan untuk mengetahui bentuk fraktal yang akan digabungkan dengan Batik Sendang.
2. Menentukan motif batik fraktal dengan menggunakan transformasi geometri. Transformasi geometri yang akan digunakan adalah Rotasi, Dilatasi, Translasi, dan Refleksi. Beberapa dari transformasi geometri diterapkan pada fraktal sehingga diperoleh hasil motif batik fraktal yang baru..
3. Mendesain motif Batik Sendang yang akan digabungkan dengan batik fraktal. Motif Batik Sendang yang akan digunakan adalah motif Bandeng Lele. Pembentukan motif batik sendang yang baru disusun secara vertikal, horizontal dan diagonal.
4. Menggabungkan dan mendesain motif Batik Sendang dengan motif batik fraktal. Penggabungan dari motif batik sendang dengan motif batik fraktal disesuaikan dengan motif yang telah dihasilkan. Teknik penggabungannya menggunakan pengolahan citra yaitu penjumlahan dua buah citra.

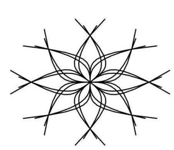
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Transformasi Geometri pada Fraktal

Fraktal yang akan digunakan yaitu Segitiga Sierpinski, Koch Snowflake dan Kurva Hilbert. Untuk membangkitan fraktal tersebut menggunakan script pada *software* komputer. Dibawah ini merupakan contoh mengenai penyelesaian menggunakan transformasi geometri yaitu Rotasi (Perputaran) dan Refleksi (Pencerminan) :

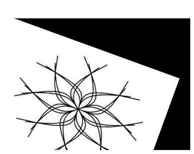
1. Rotasi (Perputaran)
   Suatu gambar atau objek dapat diputar mulai dari 1 derajat hingga 360 derajat dengan mengaplikasikan transformasi geometri yaitu rotasi. Contoh *Koch Snowflake* A akan dirotasikan sebesar 20 derajat berlawanan dengan arah jarum jam. Hasil rotasi tersebut menghasilkan *Koch Snowflake B*. Penerapan rotasi ini menggunakan *software* computer.

Koch Snowflake A



Gambar 1.a Rotasi sebelum

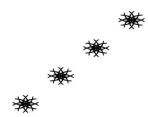
Koch Snowflake B



Gambar 2.a Rotasi sesudah

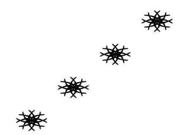
2. Dilatasi
   Suatu transformasi yang mengubah ukuran (memperbesar atau memperkecil) suatu objek tetapi tidak mengubah bentuk bangunannya. Contoh *Koch Snowflake* A yang memiliki ukuran gambar 3x3, akan didilatasi pada ukuran5x5. Hasil dilatasi tersebut menghasilkan *Koch snowflake* B.

Koch Snowflake A



Gambar 2.a Dilatasi sebelum

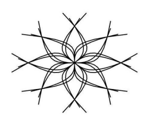
Koch Snowflake B



Gambar 2.b Dilatasi sesudah

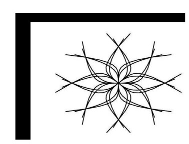
3. Translasi (pergeseran)
   Translasi atau pergeseran pada sebuah objek dengan cara menggeser objek dari posisi satu ke posisi yang lainnya. Contoh *Koch Snowflake* A, akan ditranslasi dengan arah pergeseran ke sumbu $X = 50$ dan $Y = 30$. Hasil translasi tersebut akan menghasilkan *Koch Snowflake* B

Koch Snowflake A



Gambar 3.a Translasi sebelum

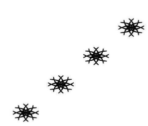
Koch Snowflake B



Gambar 3.b Translasi sesudah

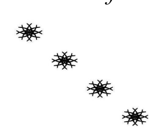
4. Refleksi(Pencerminan)
   Refleksi merupakan suatu objek yang akan melakukan transformasi geometri berupa pergeseran atau pemindahan semua bagian titik pada bidang geometri kearah garis atau cermin dengan jarak sama. Contoh *Koch Snowflake A* berubah menjadi *Koch Snowflake B*.

Koch Snowflake A



Gambar 4.a Refleksi sebelum

Koch Snowflake B

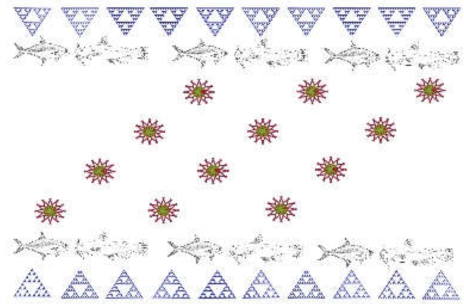


Gambar 4.b Refleksi sesudah

4.2 Penggabungan Desain Motif Batik fraktal dengan Batik Sendang Motif Bandeng Lele

4.2.1 Motif Segitiga Sierpinski pola 1 dan *Koch Snowflake* pola 1 dengan Motif Bandeng Lele

Segitiga Sierpinski dan *Koch Snowflake* digabungkan dengan Motif Bandeng Lele menggunakan beberapa transformasi geometri. Proses penggabungan Motif Segitiga Sierpinski dan *Koch Snowflake* dengan Motif Bandeng Lele adalah yang pertama membangkitkan segitiga sierpinski sebanyak 8 iterasi. Kedua melakukan transformasi geometri yaitu refleksi agar mendapatkan motif yang baru. Ketiga segitiga siepinski yang sesudah dan sebelum direfleksi diolah agar menjadi bentuk isen-isen. Keempat membangkitkan *Koch snowflake* dengan menggunakan iterasi $x = 1 : 45$, $x2 = 1 : 45$ dan fungsi $y = \exp(0.1 \times x)$, $y2 = -0{,}2 \times \exp(0.1 \times x)$,

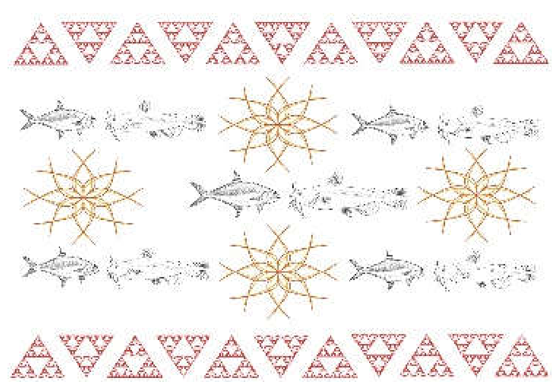


Gambar 5. Motif Segitiga Sierpinski pola 1 dan *Koch Snowflake* pola 1 dengan Motif Bandeng Lele

Kemudian dilakukan translasi untuk mendapatkan bentuk isen-isen. Kelima kedua fraktal tersebut yaitu segitiga sierpinski dan *Koch snowflake* digabungkan dengan motif bandeng lele menjadi satu menggunakan penjumlahan dua buah citra untuk memperoleh hasil

4.2.2 Motif Segitiga Sierpinski pola 2 dan *Koch Snowflake* pola 2 dengan Motif Bandeng Lele

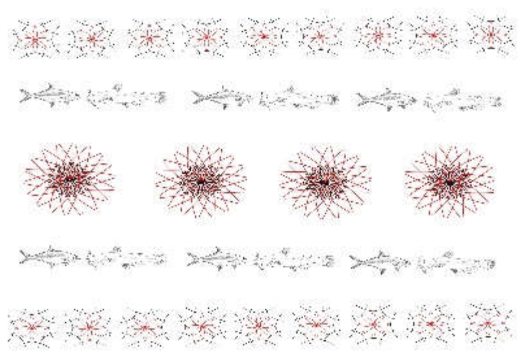
Segitiga Sierpinski dan *Koch Snowflake* digabungkan dengan Motif Bandeng Lele menggunakan beberapa transformasi geometri. Proses penggabungan Motif Segitiga Sierpinski dan *Koch Snowflake* dengan Motif Bandeng Lele adalah yang pertama membangkitkan segitiga sierpinski sebanyak 8 iterasi. Kedua melakukan transformasi geometri yaitu refleksi agar mendapatkan motif yang baru. Ketiga segitiga siepinski yang sesudah dan sebelum direfleksi diolah agar menjadi bentuk isen-isen. Keempat membangkitkan *Koch snowflake* dengan menggunakan iterasi $x = 0 : 0.1 : 1.1$; $x2 = 0 : 0.1 : 1.1$ dan fungsi $y = x.3; y2 = x.5$. kemudian dilakukan translasi untuk mendapatkan bentuk isen-isen. Kelima kedua hasil isen-isen digabungkan dengan motif bandeng lele menjadi satu menggunakan penjumlahan dua buah citra.



Gambar 6. Motif Segitiga Sierpinski pola 2 dan *Koch Snowflake* pola 2 dengan Motif Bandeng Lele

4.2.3 *Koch Snowflake* pola 3 dan *Koch Snowflake* pola 4 dengan Motif Bandeng Lele

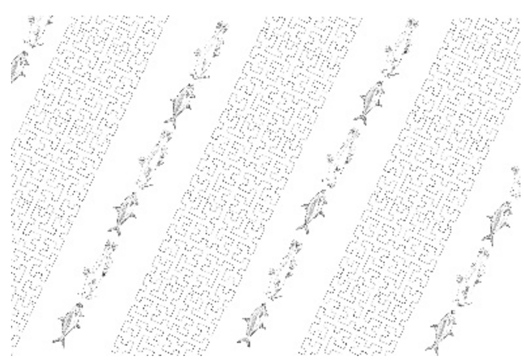
Koch Snowflake 3 dan *Koch Snowflake* 4 digabungkan dengan Motif Bandeng Lele menggunakan beberapa transformasi geometri. Proses penggabungannya yang pertama membangkitkan *Koch snowflake* 3 dengan menggunakan iterasi $x = 0 : 0.1 : 1$; $x2 = 0 : 0.1 : 1$; dan fungsi $y = x.2; y2 = 1./x$. Kemudian dilakukan translasi untuk memperoleh bentuk isen-isen. Kedua membangkitkan *Koch snowflake* 4 dengan iterasi $x = 1 : 45; x2 = 1 : 45$; dan fungsi $y = \exp(0.1\,x)$; $y2 = 0.2\exp(0.1\,x)$. Selanjutnya dilakukan translasi agar menjadi bentuk isen-isen. Ketiga kedua bentuk isen-isen digabungkan dengan motif bandeng lele menggunakan penjumlahan dua buah citra.



Gambar 7. *Koch Snowflake* pola 3 dan *Koch Snowflake* pola 4 dengan Motif Bandeng Lele

4.2.4 Motif Kurva Hilbert dengan Motif Bandeng Lele

Kurva Hilbert digabungkan dengan Motif Bandeng Lele menggunakan beberapa transformasi geometri. Proses penggabungan Motif Kurva Hilbert dengan Motif Bandeng Lele adalah yang pertama membangkitkan Kurva Hilbert menggunakan teori geometri, dibangkitkan sebanyak 4 iterasi. Kedua hasil kurva hilbert dirotasi sebesar 25 derajat. Ketiga melakukan beberapa translasi agar mendapatkan bentuk isen-isen. Keempat menggabungkan antara kurva hilbert dengan motif bandeng lele menggunakan penjumlahan dua buah citra.



Gambar 8. Motif Kurva Hilbert dengan Motif Bandeng Lele

5. Kesimpulan

Proses penggabungan Geometri Fraktal dengan Batik Sendang dimulai dengan melakukan transformasi geometri pada Segitiga Sierpinski, *Koch Snowflake* dan Kurva Hilbert yang menjadi motif dari Batik Fraktal, kemudian mengolah motif bandeng lele menjadi isen-isen yang ditempatkan sedemikian rupa. Selanjutnya menggabungkan Batik Fraktal dengan motif Bandeng Lele menggunakan penjumlahan dua buah citra dengan menggunakan bantuan software komputer.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diantaranya Segitiga Sierpinski pola 1 dan *Koch Snowflake* pola 1 dengan Batik Sendang Bandeng Lele, Segitiga Sierpinski pola 2 dan *koch snowflake* pola 2 dengan Batik Sendang Bandeng Lele, *Koch Snowflake* pola 3 dan *Koch Snowflake* pola 4 dengan Batik Sendang Bandeng Lele, Kurva Hilbert dengan Batik Sendang Bandeng Lele

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. Anas, Indonesia Indah "Batik", Jakarta: Yayasan Harapan Kita/BP 3 TMII, 1997.

[2] S. Adhi Prasetyo., "Karakteristik Motif Batik Kendal Interpretasi dari wilayah dan letak geografis," 2016.

[3] F. Barnsley, Fractal Everywhere, Washington: Dc : Academic Press Profesional, 1993.

[4] J. Ulinnuha, "Perancangan Software Batik Berbasis Geometri Fraktal Dapartemen," 2009.

[5] M. M. Lukman, Batik Fractal : Traditional Art to Modern Complexity, London: Generative Art International Conferences, 2007.

[6] S. Teguh, Seni Lukis Batik Indonesia, batik klasik sampai kontemporer, Yogyakarta, 1998.

[7] S. Endik, Seni Membatik, Jakarta: PT. Safir Alam, 1986.

[8] P. S. Addison, Fractal and caos an Illustrated Course, London: Institute of Publishing, 1997.

[9] B. Y. Achmad, "Penggabungan Geometri Fraktal dengan Batik Labako," 2015.

[10] A. Kamil, "Penentuan Luas Fraktal Koch Snowflake," 2004.

[11] K. D. Purnomo, "Pembangkitan Segitiga Sierpinski dengan Transformasi Affinr Berbasis Beberapa Benda Geometris," 2014.